



Provtagning med motorsåg och uppsamling av sågspån för fukthaltsbestämning av icke sönderdelade skogsbränslen.

Sampling with chainsaw for determination of moisture content of loose forest fuels



Andreas Engman

**Arbetsrapport 3 2017
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Dan Bergström**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
S-901 83 UMEÅ

www.slu.se/sbt

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Provtagning med motorsåg och uppsamling av sågspån för fukthaltsbestämning av icke sönderdelade skogsbränslen.

Sampling with chainsaw for determination of moisture content of loose forest fuels

Andreas Engman

Nyckleord: Grot, lagring, fukthaltsvariation, vältor, metod, virkesmätning

Arbetsrapport 3 2017
Jägmästarprogrammet
EX0772, A2E

Examensarbete i skogshushållning vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, 30hp
Handledare: Dan Bergström, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
Examinator: Robert Samuelsson, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2017
Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Förord

Denna studie har utförts som ett examensarbete på 30 hp inom ämnet skogshushållning vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Arbetet har genomförts under hösten och vintern 2016/2017. Jag vill tacka min handledare Dan Bergström på SLU för all handledning och goda råd under hela arbetets gång. Sedan vill jag tacka BTC för all service och material. Jag vill även tacka Umeå Energi för att jag fått göra studien på deras terminal samt att jag fått förfoga över Ume Assistance för att få hjälp med diverse praktiska saker.

Umeå i februari 2017

Andreas Engman

Detta examensarbete har utförts inom projektet BioHub som finansierat av Europeiska regionala utvecklingsfonden.

Sammanfattning

I dagsläget är den vanligaste metoden för att mäta fukthalten i osönderdelade skogsbränslen att bränslet flisas ner och att prover tas direkt ur flishögen enligt SDC:s standard.

Syftet med studien var att ta fram en metod som uppfyller virkesmätningens krav för provtagning av icke sönderdelade skogsbränslen i vältor. Det ska göras med motorsåg utrustad med spånuppsamlare där spånet används för bestämning av fukthalten.

Den studerade vältan var otäckt och placerad i syd-nord riktning. Den bestod mestadels av grot (ca 95 %), men även klena träd förekom. Provtagning utfördes i åtta olika tvärsnitt och för varje tvärsnitt togs prover i tre olika höjdsikt och genomskärningssnitt samt i ytskiktet.

Resultatet visade att den viktade fukthalten för hela vältan var 30,8 %. I längdled skiljde sig fukthalten signifikant mellan en del snitt och det berodde troligen på att vältan bestod av olika leveranser/kvaliteter. Bland genomskärnings- och höjdsikten var det däremot ingen signifikant skillnad i fukthalt. Det var ingen signifikant skillnad mellan fukthalten inne vältan och fukthalten 1 meter in från långsidan i det lägsta höjdsiktet. Därför lämpar sig provpunkterna 1 meter in i vältan från långsidorna i det lägsta höjdsiktet bäst för att få ut den sanna fukthalten. Studien indikerar att spånproverna i medel överskattar fukthalten med 1,4 %.

Denna studie presenterar ett förslag på hur provtagning kan genomföras på vältor av grot av olika längder och karaktärer där även säkerhetsföreskrifter och praktiska parametrar vägts in. En begränsning med metoden är om materialet tycks skilja sig i vertikalt led. För sådant material behöver metoden utvecklas.

Nyckelord: Grot, lagring, fukthaltsvariation, vältor, metod, virkesmätning

Summary

Nowadays is the most common method for determination of moisture content of loose forest fuels to sliver the fuel and then take samples directly from the chip pile according to the standard SDC's use.

The aim of the study was to develop a method that meets the requirements for timber measurement act for sampling of loose forest fuels in piles. It will be done with a chainsaw equipped with a collector, the saw dust will be used for the determination of the moisture content.

The studied pile was uncovered and placed in the south-north direction. It consisted mostly of logging residues (about 95%), but also small trees were occurred. The sampling was performed in eight different cut sections and for each cut section, samples were taken in three different horizontal layers, vertical/intersecting layers and in the surface layer.

The result showed that the weighted moisture content of the entire pile was 30.8%. In lengthwise the moisture content differed significantly between some of the cut sections and it was probably due to that the pile consisted of various supplies/qualities. Among the vertical/intersecting layers and the horizontal layers there were no significant difference in moisture content. It was no significant difference between the moisture content inside the pile and the moisture content 1 metre into the pile from the long side in the lowest horizontal layer. Therefore, is the sample points 1 metre into the pile from the long sides of the lowest horizontal layer best suitable to get the true moisture content of the pile. The study indicates that the saw dust samples in average overestimate the moisture content with 1.4 %.

This study presents a suggestion on how the sampling can be performed on piles of logging residues of various lengths and characters which also safety and practical parameters are considered. A limitation of this method is if the material seems to be different in the vertical direction. For such materials the method has to be developed.

Innehållsförteckning

Inledning.....	6
Tidigare studier på fukthalt inom vältan.....	7
Tidigare studier på olika metoder för olika skogsbränslen.....	8
Syfte.....	9
Material och metoder.....	10
Studieområdet.....	10
Provpunkter i vältan	11
Provtagning.....	12
Fukthaltsbestämning.....	16
Definition av de olika skikten.....	16
Analyser.....	17
Metodstudie på provtagningsförfarandet.....	17
Precisionskrav.....	18
Resultat	19
Fukthalt i de olika provpunkterna.....	19
Fukthalt i längdled.....	19
Fukthalt i höjdled.....	20
Fukthalt i genomskärning	20
Jämförelse mellan olika skikt	21
Noggrannhet på spånprov	22
Effektivitet provtagning.....	22
Precisionskrav.....	22
Diskussion	23
Resultat	23
Styrkor och svagheter med studien.....	25
Praktisk tillämpning.....	25
Behov av fortsatt forskning i området	27
Slutsatser.....	27
Referenser.....	28
Bilaga 1	31
Bilaga 2.....	33

Inledning

Regeringen har satt upp ett nationellt mål där andelen förnybar energi ska vara minst 50 % av den totala energiförbrukningen år 2020 (Regeringskansliet 2014). År 2013 hade Sverige redan nått över det målet med sina 52,1 % förnybar energi (Eurostat Press Office 2015). På sikt har regeringen som målsättning att ha ett energisystem som helt baseras på förnybar energi, därmed kommer det alltid att finnas ett behov av sortiment som är förnybara (Regeringskansliet 2014). Trädbränsle är ett sådant sortiment.

Trädbränsle delas upp i skogsbränsle, energiskogsbränsle och återvunnet trädbränsle. Skogsbränsle är det tredje största sortimentet i skogssektorn där timmer och massaved är större. Energiskogsbränsle innefattas av salixodling, hybridaspodling samt poppelodling och återvunnet trädbränsle består av embalagevirke, spillvirke och rivningsvirke. När det gäller skogsbränsle delas det upp i primärt och sekundärt skogsbränsle. Primärt skogsbränsle är främst grenar och toppar (grot). Men även avverkningsstubbar, tekniskt skadat virke och klana röjnings- och gallringsstammar hör till skogsbränslen. Det sekundära skogsbränslet är biprodukter från skogsindustrin och omfattar till exempel sågspån, kutterspån, bark och torrflis (Egnell 2009). År 2015 producerades 51 TWh sönderdelade oförädlade skogsbränslen i Sverige (Statistiska centralbyrån 2016). Det sekundära skogsbränslet består av mindre fraktioner och är tillgängligt på industrin och är därmed enkelt att ta prover på för att mäta olika kvalitetsvariabler. Det primära skogsbränslet däremot, ligger oftast svårtillgängligt ute i skogen längs med grusvägar och är icke sönderdelat. Det blir därför komplicerat att ta prover av det primära skogsbränslet för att kunna mäta olika kvalitetsvariabler (Egnell 2009).

Fukthalt, värmevärde, askhalt och fraktionsstorlek är exempel på några kvalitetsvariabler på skogsbränslen. Det är viktigt att veta vilken fukthalt bränslet har för att säljaren ska kunna ha kontroll och veta om det har torkat tillräckligt mycket utifrån köparens önskemål. Lägre fukthalt ger högre effektivt värmevärde och därmed mer betalt, en del kunder har dessutom mindre pannor som föredrar låg fukthalt för att komma upp till en verkningsgrad som är tillfredställande (Lehtikangas 1998). Virkesmätningens krav på skogsbränsle indelas i tre kategorier efter leveransstorlek (Tabell 1) (Skogsstyrelsen 2014).

Tabell 1. Virkesmätningens krav på skogsbränsle enligt Skogsstyrelsen (2014)

TS=torrsubstans

Table 1. The requirements for timber measurement act for forest fuels, according to Skogsstyrelsen (2014). TS = dry matter

Leveransstorlek (ton TS)	Högsta tillåtna avvikelse i fukthalt
<25	18,0 %
25-50	13,5 %
>50	9,0 %

Fukthalt är vattnets procentuella andel av materialets råa vikt och bestäms enligt formeln: $\text{Fukthalt (\%)} = 100 - ((\text{torr massa} / \text{rå massa}) \times 100)$. Ny avverkad grot från barrträd har oftast en fukthalt kring 50-55 % och lövträden har en i genomsnitt 10 %-enheter lägre fukthalt än barrträden. Vältorna torkar som mest under sommaren för att senare under hösten och vintern återfuktas mer eller mindre. Det är det yttre skiktet som blir mest påverkat av väder och vind. Små fraktioner som barr och klana kvistar påverkas mer än större fraktioner som t.ex. grövre grenar. Nederbörd och luftfuktighet är de faktorerna som

har störst inverkan på fukthalten, men det spelar även en stor roll om vältan är täckt med papp eller inte. Generellt kan man säga att täckpappen sänker fukthalten med minst 10 %-enheter och att vältan dessutom blir homogenare när det gäller fukthalt i jämförelse med otäckta vältor (Ringman 1996).

Bränsleanpassad avverkning är något som används vid uttag av grot i föryngringsavverkning. Det innebär att det primära skogsbränslet läggs i högar i beståndet bredvid de övriga sortimenten i samband med föryngringsavverkningen. Hanteringen av högarna kan sedan gå till på flera olika sätt. Ibland får högarna ligga kvar till dess att de har torkat tillräckligt mycket och skotas sedan till bilväg och läggs i vältor (antingen nära bilvägen eller en bit in på hygget). Groten flisas sedan och transporteras till industrin med lastbilar. Det vanligaste är däremot att högarna med grot skotas färskt (grön grot) ihop till vältor som placeras vid bilvägen (Egnell 2009). För ca 20 år sedan var vältorna i medel ca 4 m breda och 3,5 m höga (Ringman 1996), men de har tenderat att bli allt bredare sedan dess (Björheden 2014). Lagring av skogsbränsle i vältor medför bland annat minskade substansförluster, att bränslet lättare torkar och förenklar hanteringen av bränslet då allt material är samlat på samma ställe (Ringman 1996).

I dagsläget finns det olika alternativ för att mäta fukthalten för att uppfylla virkesmätningens krav för vältor med primärt skogsbränsle. Ett alternativ är att en lastbil lastar allt bränsle i containrar för att sedan transportera det till en mätstation. Där kan det tas borrprov av det komprimerade bränslet direkt i containrarna, och längden på borsten måste vara minst 1 meter och dess diameter minst 5 cm. Borren måste också kunna styras till valfri position för att slumpvalda prov ska kunna tas (SDC 2014). Men oftast flisas bränslet och prover tas direkt ur flishögen enligt SDC:s standard (SDC 2016). Det går även att ta ut en flismaskin i skogen som flisar vältan på plats. Bränslet transporteras även då till en mätstation, men i flisad form. Proverna kan då tas direkt ur containrarna eller från högarna som blir när containrarna töms, båda enligt SDC:s standard (SDC 2016). Fukthaltsbestämning av flis ger en låg standardavvikelse och det har bekräftats av många studier, bland annat i en studie av Nilsson m.fl. (2012).

Tidigare studier på fukthalt inom vältor

Det har gjorts studier på hur fukthalten varierar inom vältor med grot från barrträd. I Lehtikangas och Jirjis (1995) studie utreddes det om fukthalten skiljde sig i de olika höjdsnitten för vältor täckta med papp. Varje vältor delades upp i tre lika stora skikt i höjdd. Därefter flisades ett skikt i taget och flisen samlades upp för att kunna mäta dess fukthalt. Totalt var det nio st vältor som studerades vilka hade lagrats ca ett år (vinter till vinter). Resultatet visade på att materialet var relativt homogent gällande fukthalten. Det var högst 10 %-enheter skillnad mellan den torraste delen och den fuktigaste inom en vältor. Det fanns en liten tendens att det var mindre skillnad mellan skikten när det hade varit lite nederbörd jämfört med när det hade varit stor nederbörd.

Något som talar emot Lehtikangas och Jiris (1995) resultat med avseende på homogenitet är ett exjobb, Hafmar och Eliasson (2010), som har gjorts på Linnéuniversitetet. Det togs då prover 1 meter in i vältor bestående av grot, men det framgick inte på vilken höjd proverna togs. Proverna bestod av osönderdelad grot som sågats ut med hjälp av en motorsåg. Proverna torkades enligt standardmetoden i torkskåp för att bestämma dess fukthalt. Resultatet visade på signifikant lägre fukthalt för proven jämfört med

referensproven. Referensmetoden var att hela vältan flisades och fukthalten mättes på hela materialet. Analyserna visade även att vältorna var väldigt heterogena när det gäller fukthalten. En förklaring till provernas låga fukthalt kan vara att proverna togs för långt ut i vältan och att materialet därmed varit för påverkat av väder och vind jämfört med resten av vältans centrala delar. Tanken var att det skulle tas prover även längre in i vältan men det var för svårt att komma åt centrum av vältan.

I en studie av Jirjis m.fl. (1989) jämfördes det hur fukthalten varierade inom en vältan av grot där halva vältan var täckt av papp och den andra halvan var otäckt. Materialet lades i vältor från juli – oktober 1988 och den sista vältan flisades i april 1989. Resultat visade att det skiljde sig i medelfukthet med nästan 12 %-enheter mellan de olika metoderna. Medelfukthalten för den täckta delen av vältan var 32,2 % och för den otäckta delen var medelfukthalten 44,0 %. Dessutom var det mycket större fukthaltsvariation inom vältan som var otäckt. Standardavvikelsen för täckt vältan var 4,9 %-enheter, det kan jämföras med den otäckta vältan som hade en standardavvikelse på 11,0 %-enheter.

En norsk studie utförd av Fillbakk m.fl. (2011) utvärderade bland annat hur fukthalten varierade inom vältor av grot. Det utvärderades vältor som bestod av 15 st komprimerade grotstockar och vältor bestående av obearbetad grot. Grotstockarna hade i medeltal en diameter på 80 cm och var 4,5 meter långa. Alla vältor var täckta av papp och fick ligga i ca ett år innan prover togs i augusti. Vid provtagningarna flisades materialet och 1-2 kg stora flisprover togs slumpmässigt ut per ton grot. Från vältornas kortsidor sett var tre provpunkter placerade i det översta skiktet av vältan, tre i mitten och tre i botten. Proverna fukthaltsbestämdes enligt standarden som SDC använder (SDC 2016). Det fanns ingen signifikant skillnad i fukthalt mellan vältor bestående av buntad grot och obearbetad grot. Medelfukthalten var högst i de yttre delarna av vältorna och lägst i centrum av vältorna. I botten av vältorna var medelfukthalten någonstans mitt emellan medelfukthalten i de yttre delarna och centrum av vältorna. Det fanns heller ingen signifikant skillnad i fukthalt mellan vältor med grot från gran respektive tall (Fillbakk m.fl. 2011).

Tidigare studier på olika metoder för olika skogsbränslen

En metod för att ta prover av skogsbränsle för fukthaltsbestämning är att använda en motorsåg med spånsamlare. Flera studier har gjorts på detta. Nylinder och Fryk (2012a) gjorde en studie på rundved där syftet var att kvantifiera om fukthalten i spånproverna skiljde sig mot referensprov (intilliggande ved). Mängden spill av spån vid provtagningen samt motorsågsoljans påverkan på fukthalten undersöktes också. Vid provtagningen sågades ett snitt i stocken och spånet samlades upp och det togs även ut en trissa alldeles bredvid som referens. Metoden testades på olika sorters träslag, dimensioner och kvaliteter (fruset, ofruset och lagrat virke) för att se om dessa parametrar hade någon påverkan. Resultatet visade inte på någon signifikant skillnad mellan dessa parametrar. Spillet av spån (ca 11 % i råvikt) hade i medelvärde en fukthalt på 52,5 % och för de uppsamlade spånen var fukthalten i medelvärde 52,9 %. Skillnaden var inte signifikant och mängden kedjeolja som stänkte ut var försumbar. Skillnaden i fukthalt mellan spånproverna och trissorna var inte signifikant (Nylinder och Fryk 2012a).

Nylinder och Fryk (2014) gjorde en studie med samma motorsåg och uppsamlare som användes i Nylinder och Fryk (2012a) för sortimentet delkvistad energived. Där mättes fukthalten på tre olika sätt:

- Genom uttag av spån med motorsåg, fyra prov per trave
- Genom bestämning för 20 trissor per trave
- Genom bestämning av tio flisprov per trave

Medelvärde för fukthalten blev ca 4 %-enheter lägre med spånprov jämfört med flis. Trissor låg 1 %-enhet högre än flis. Standardavvikelsen inom traven var lägst för flis (1,4 %-enheter) och högst för trissor (6,8 %-enheter) medans den låg på 3,2 %-enheter för spånprov. Variationen var med andra ord relativt låg för spånprov (Nylinder och Fryk 2014).

Larsson (2011) har också gjort en studie lik den Nylinder och Fryk (2014) gjorde. Larsson (2011) använde också en motorsåg med spånuppsamlare men gjorde en studie på bränsleved. Resultatet visade samma relationer mellan flisprov, spånprov och trissor med avseende på medelvärde och standardavvikelse som Nylinder och Fryk (2014) fick fram i sitt resultat. Medelfukthalten var 42 % för spånprov, 44 % för trissor och 45 % för flisprov. Standardavvikelsen var 4,1 %-enheter för spånprov, 6,8 %-enheter för trissor och 1,7 %-enheter för flisprov (Larsson 2011). Ett liknande förhållande i fukthalt mellan spånprov och flisprov kunde även konstateras i en studie som Nylinder och Fryk (2012b) gjorde på bränsleved.

I Österrike används metoden med motorsåg och spånuppsamlare för massaved. Där har metoden använts länge och är standardiserad (Papierholz Austria 2009). Studien som Nylinder och Fryk (2014) gjorde för sortimentet delkvistad energived har en väldigt lik metodik som den Papierholz Austria (2009) använder. Det som skiljer är att proverna i metoden från Österrike måste innehålla spån från minst 15 stockar sammanlagt för varje trave (Papierholz Austria 2009).

Syfte

Syftet med studien var att ta fram en metod som uppfyller virkesmätningslagens krav för provtagning av icke sönderdelade skogsbränslen i vältor. Det ska göras med motorsåg utrustad med spånuppsamlare där spånet används för bestämning av fukthalten.

Frågeställningar:

- Hur varierar fukthalten inom en vält?
- Var i vältan ska provpunkter tas för att få representativa prover?
- Är det skillnad i fukthalt på spånprov och referensprov?
- Hur tidseffektiv är denna metodik?

Material och metoder

Studien utfördes i följande delsteg:

- Bestämning av systematik för provpunkter i vältor för att få fram ett representativt värde för en vältor.
- Provta spånprov och referensprov med motorsåg, väga och märka dem.
- Torka proverna och väga dem.
- Analysera fukthaltsvariationer.
- Tidsstudera arbetet för att såga sig in 1 meter in i vältan och ta ut ett spånprov.

Studieområdet

Studien genomfördes vid Dåva kraftvärmeverks terminal som Umeå Energi äger. För studiens genomförande användes en otäckt vältor som var placerad i syd-nord riktning. Vältan var 50 m lång, i medel 5,7 m bred och 6,3 m hög (Figur 1 och 2). Materialet i vältan var mestadels grot (ca 95 %) som var brunrisskotat, men även klena träd förekom. Vältan bestod av flera olika leveranser från Norra skogsägarna, Rebio AB och återvinningsstationer från Västerbotten. Det gick inte att ta reda på exakt från vem av dessa leverantörer materialet i vältan levererades från. Det som framgick var att vältan har legat där den låg i ett år (oktober – oktober).

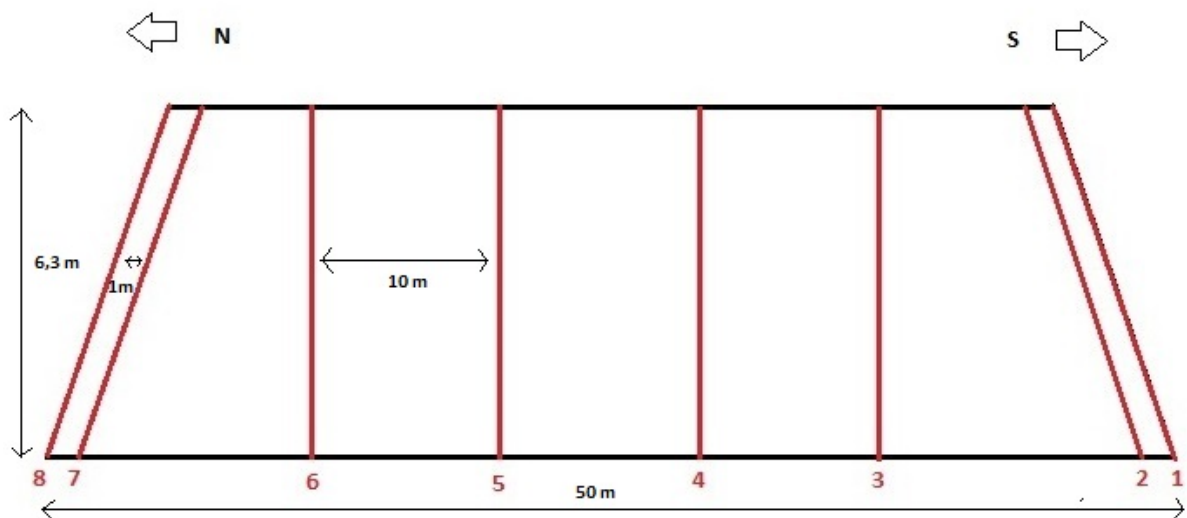


Figur 1. Den studerade grotvältan.

Figure 1. The studied logging residue pile.

Provpunkter i vältan

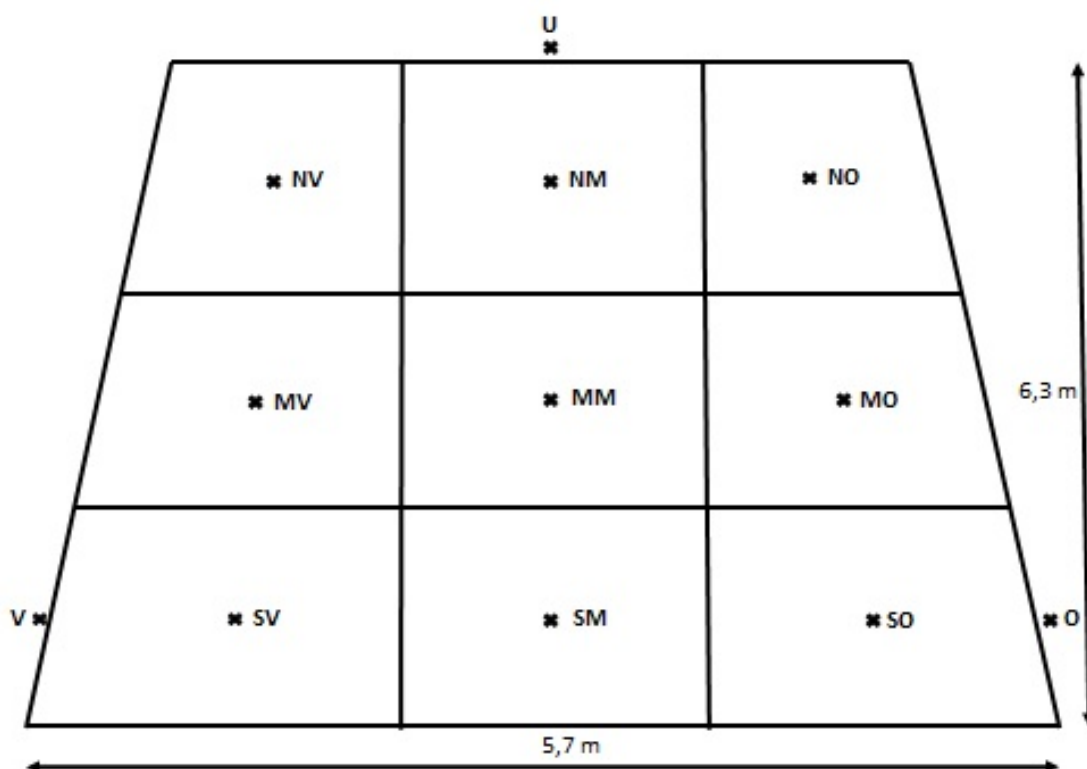
För att möjliggöra en bestämning av vältans fukthaltsvariation på längden, höjden och genomskärningen delades vältan in i 8 st tvärsnitt (Figur 2). Vältans höjd, bredd och längd mättes med ett huggarsnöre och tvärsnittens positioner snitslades ut. Vid varje tvärsnitt delades vältan med hjälp av en grävmaskin utrustad med grip (Figur 9). Avståndet mellan tvärsnitt 3-4, 4-5 och 5-6 var 10 meter vardera. Detta avstånd valdes för att grävaren skulle kunna lägga det utgrävda materialet åt sidan i vältan utan att materialet skulle blandas mellan tvärsnitten. Tvärsnitt 2 och 7 lades 1 meter in i vältan från kortsidorna för att ta reda på hur långt in i vältan från kortsidorna väderexponeringen påverkar. Materialets homogenitet skiljde sig mellan tvärsnitten genom att tvärsnitt 1 bestod av väldigt mycket barr och klena fraktioner och de resterande tvärsnitten bestod av grenar och toppar med en del barr (Bilaga 1, Figur A-H).



Figur 2. Vältan sett från långsidan. De röda strecken indikerar tvärsnitt delade med en grävmaskin.

Figure 2. The pile observed from the long side. The red lines indicate cut sections made by an excavator.

Varje tvärsnitt av vältan delades upp i 9 lika stora areor med en provpunkt mitt i varje area (Figur 3). Detta möjliggjorde att det gick att ta reda på fukthaltsvariationen i både höjddled och i genomskärning. Anledningen till att de 9 areorna skulle vara lika stora var att alla provpunkter skulle täcka av lika stora områden. Det togs även ut provpunkter längst ut i det yttersta skiktet och högst upp på tvärsnitt 2-7 (Figur 3). Detta för att kunna ta reda på fukthaltsvariationen i de yttersta skikten. Vid varje provpunkt togs det ut 2 prover, ett spånprov och ett boxprov. För att komma åt alla provpunkter användes en stege.



Figur 3. Provpunkterna som både spånprov och boxprov togs från. Varje kryss representerar en provpunkt. N=norr, M=mitt, S=syd, V=väst, O=öst och U=upp. Varje ruta har samma area. Alla dessa provpunkter togs i tvärsnitt 2-7 (Figur 2). I tvärsnitt 1 och 8 togs inte provpunkterna V, U och O.

Figure 3. The sample points of samples were both sawdust samples and box samples was taken from. Each cross represents a sample point. N=north, M=center, S=south, W=west, O=east and U=up. Each square has the same area. All these points of samples were taken in cut sections 2-7 (Figure 2). In cut section 1 and 8 were the sample points V, U and O excluded.

Provtagning

Spånprovet (Figur 6) togs ut genom att materialet sågades vid provpunkten med en motorsåg som hade en spånuppsamlare monterad på sig (Figur 4). Motorsågen var utrustad med ett 0,58 cm brett 15 tums blad. Kedjan var filad med 25 graders vinkel med ryttarna nedfilade till "hard" med mall. Diametern på uppsamlarens "utblås" var 104 mm (Figur 5). På "utblåset" fästes en papperspåse med måtten B110xL180xH260 mm som samlade upp sågspånen. Vid sågningen var det viktigt att sågen hölls 90 grader mot materialet för att så mycket spån som möjligt samlades upp. Det var även viktigt att se till att inte hålet på uppsamlaren blev igentäppt.



Figur 4. Motorsåg med uppsamlare.
Figure 4. Chainsaw with collector.



Figur 5. Motorsåg med uppsamlare.
Figure 5. Chainsaw with collector.

Sågningen gjordes vid varje provpunkt i raka 0,5 meters "streck" (Figur 8) uppifrån och ner som hade snitslats ut innan sågning påbörjats. Sågning av "streck" vid varje provpunkt pågick tills det uppsamlade spånprovet uppgick till ca 50 g eller mer. I vilken ordning de olika strecken sågades framgår i Figur 8. Varje påse med prov märktes med beteckning för tvärsnitt och provpunkt. När påsen var märkt vägdes den direkt ute i fält på en kalibrerad våg (med 0,2 grams noggrannhet). Vikten på påsen drogs bort från påsens och spånets sammanlagda vikt.



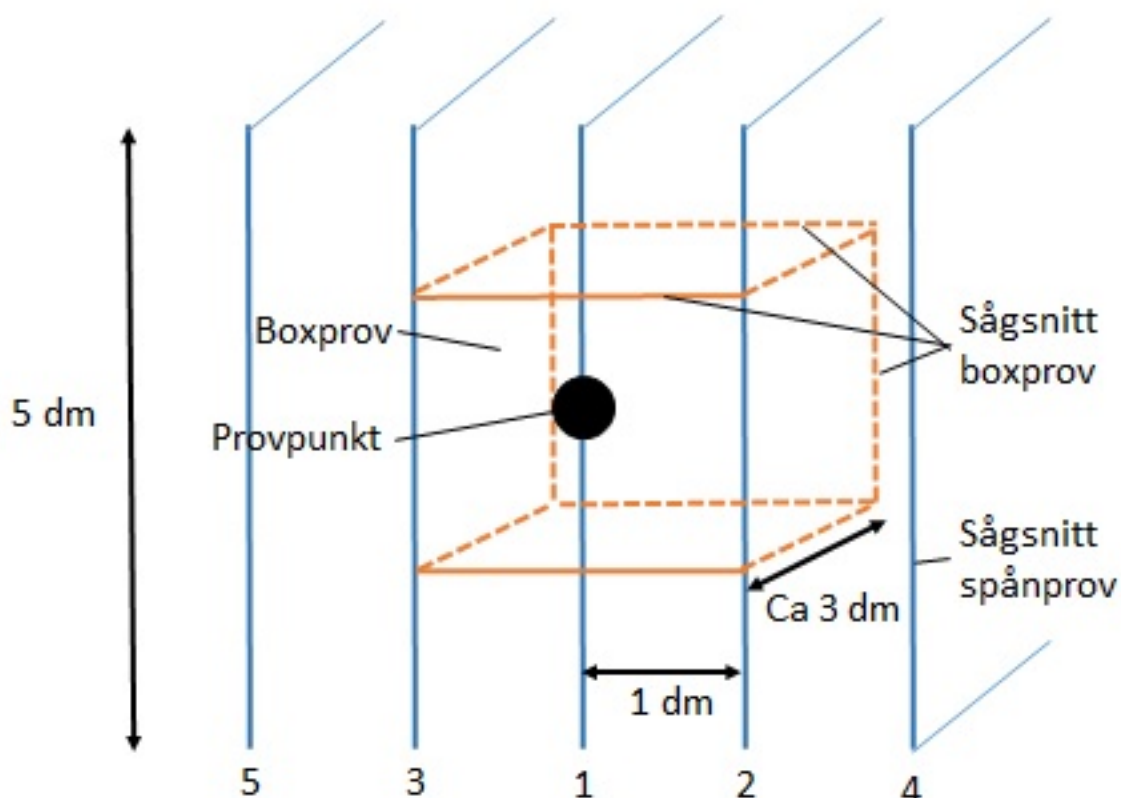
Figur 6. Ett spånprov uppsamlat i papperspåse.

Figure 6. A sawdust sample collected in a paper bag.

Anledningen till att även ett boxprov (Figur 7) togs på alla provpunkter var att få ett referensprov för att kunna utvärdera om det föreligger en skillnad i metoderna. Ett boxprov togs ut genom att det sågades ut en box (Figur 8) av materialet vid varje provpunkt. Detta gjordes med samma motorsåg, men utan spånuppsamlare monterad. Därefter fylldes en 5 liters hink med lock (Figur 7) med det sågade materialet till dess att hinken blev full. Om inte allt material i boxen fick plats i hinken valdes godtyckligt ett representativt material ut. Var materialet i för stora fraktioner att de inte gick ner i hinken sönderdelades dessa till mindre fraktioner med hjälp av motorsågen. Hinken med provet vägdes (med 0,2 grams noggrannhet) direkt ute i fält på samma våg som användes för spånprovet och hinken märktes med vilket tvärsnitt det var och beteckning på provpunkt. Vikten på hinken räknades sedan bort för att få fram vikten på materialet i det enskilda provet.



Figur 7. Ett boxprov uppsamlat i en 5 liters hink.
Figure 7. A box sample collected in a 5 L bucket.



Figur 8. Illustration över provtagningsförfarandet. Svarta pricken är provpunkten. De blåa strecken är sågsnitten som genererar spånprovet. 1-5 avser i vilken ordning sågsnitten sågades. De orangea strecken är sågsnitten som sågas för boxprovet.

Figure 8. Illustration of the sampling method. The black dot is the point of sample. The blue bars are the cuts that generate the saw dust sample. 1-5 tells in which order the cuts were made. The orange lines are the cuts for the box sample.



Figur 9. Grävmaskinen utrustad med grip och ett tvärsnitt utfört av grävmaskinen.

Figure 9. The excavator equipped with a grip and a cut from the excavator.

Fukthaltsbestämning

Proverna torkades sedan i torkskåp anpassat för fukthaltsbestämning enligt standarden SS-EN ISO 18134-2:2015, som SDC använder. Standarden anger att "Provet ska torkas i torkskåp i 105 ± 2 °C tills dess att konstant vikt uppnåts. Konstant vikt anses uppnådd när förändringen i vikt under en tid av minst 60 min vid 105 ± 2 °C ej överskrider 0,2 % av den initiala vikten" (SDC 2016). Detta brukar vanligtvis ta ett dygn för fraktionsstorlekar likt dem i rådande studie (SDC 2016). Proverna märktes och lades öppet i torkskåpet så att luften kunde cirkulera runt varje prov. Därefter vägdes proverna på en kalibrerad våg med en noggrannhet på 0,1 %-enheter. Fukthalten kunde sedan räknas ut.

Definition av de olika skikten

Vältan delades upp i olika skikt (inne i vältan, 1 meter in från kortsidan, 1 meter in från långsidan och ytskiktet). "Ytskiktet" utgörs av alla provpunkter i tvärsnitt 1 och 8 samt provpunkterna längst ut i ytskiktet för tvärsnitt 2-7. "1 meter in från kortsidan" utgjordes av provpunkterna inom tvärsnitt 2 och 7, provpunkterna i ytskiktet exkluderades. "1 meter in långsidan" utgjordes av provpunkterna "SV" och "SO" (Figur 3) för tvärsnitt 3-6. "Ytskiktet långsidan" utgjordes av provpunkterna "V" och "O" (Figur 3) för tvärsnitt 3-6. "Inne i vältan" utgjordes av tvärsnitt 3-6 och endast de 9 provpunkterna inom varje snitt inkluderades, provpunkterna i ytskiktet inkluderades inte.

Analys

All grunddata som använts i analyserna finns i Bilaga 2. För att få fram om fukthalten skiljde sig mellan de provpunkter som var angränsande i varje tvärsnitt gjordes ett parat t-test mellan alla angränsande provpunkter, både vågrätt, vertikalt och diagonalt. Fukthalten vågrätt räknades ut genom att räkna ut medelvärde och standardavvikelsen för varje enskilt tvärsnitt. Det användes även ett 2-sample t-test för att se om de olika tvärsnitten skiljde sig mellan varandra i fukthalt. Ett envägs ANOVA-test gjordes för att få fram om det var någon skillnad i fukthalt för de tre olika höjdleden och för de tre olika genomskärningsskikten. Ett 2-sample t-test användes för att ta reda på om fukthalten skiljde sig mellan olika skikt. Alla spånprovernas och boxprovernas fukthalt jämfördes med hjälp av ett parat t-test. Det gjordes genom att räkna ut differensen i fukthalt för varje enskild provpunkt och sedan se om differensen skiljde sig signifikant med 0. För att även ta reda på om materialets fraktionsstorlek hade någon betydelse vid bestämning av fukthalt genom spånuppsamlarmetoden, delades provpunkterna in i två grupper. Den ena gruppen bestod av de 45 tyngsta boxproverna och den andra gruppen bestod av de 45 lättaste boxproverna. Därefter adderades differenserna mellan spånproverna och boxproverna ihop inom båda grupperna. För att få ut den sanna fukthalten i vältan viktades alla provpunkters fukthalter med avseende på hur stora delar av vältan provpunkterna representerade. Alla analyser gjordes i programmet Minitab 17 med en signifikansnivå på 5 %.

Metodstudie på provtagningsförfarandet

Om fukthaltsbestämning med motorsåg utrustad med spånuppsamlare ska användas i större utsträckning på osönderdelade primära skogsbränslen är det intressant att se hur tidseffektiv metoden är. Därför gjordes en studie på hur lång tid det tog att ta spånprover i ytskiktet och ca 1 meter in i vältan i det lägsta höjdskiktet från kortsidorna och långsidorna av vältan. Anledningen till att bara dessa provpunkter tidstuderades var att det endast var dessa provpunkter som kunde tas ut utan stege eller grävmaskin. Vid tidtagningen togs det tid från och med att motorsågen startades till och med att spånprovet var vägt och märkt. Även eventuella svårigheter mm noterades. Tiden det tar att tanka såg, slipa kedja, gå mellan provpunkterna, dela vältan med grävmaskin och så vidare inkluderades alltså inte. Förfarandet för att ta ut ett spånprov i ytskiktet finns tidigare beskrivet under rubriken provtagning. För att komma åt provpunkterna ca 1 meter in i vältan sågades en tunnel ca en meter ovanför marken som var stor nog för att ett spånprov kunde tas. För sågningen av tunneln användes samma motorsåg som användes i studien men med spånuppsamlaren fränkopplad. Allt detta gjordes 2 gånger på kortsidorna och 8 gånger på långsidorna av vältan i det lägsta höjdskiktet. Provpunkterna ca 1 meter in mättes från det yttersta material inom 0,5 meter som stack ut från vältan.

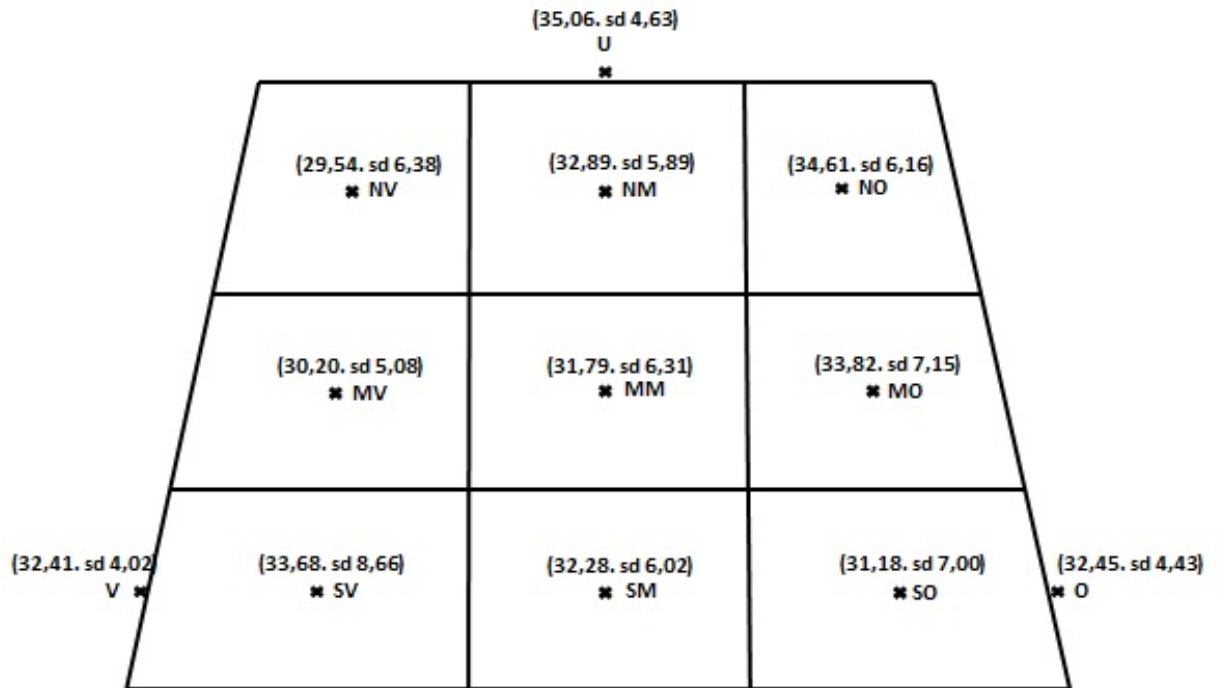
Precisionskrav

För att kunna skatta antalet provpunkter för att analysera fukthaltens precisionskrav krävs det att vältans massa är känd. Då vältas massa ej var känd antogs vältans volym vara 1800 m³s utifrån dess mått. Om vältans medelfukthalt var 40 % skulle vältans massa bli 579 ton (Bioenergiportalen 2014). I det här fallet var vältans exakta massa inte relevant på grund av att virkesmätningens krav på biobränsle delas in i tre kategorier med avseende på leveransstorlek. Den högsta kategorien är >50 ton TS, vilket är mycket mindre än 579 ton (Skogsstyrelsen 2014).

Resultat

Fukthalt i de olika provpunkterna

Medelfukthalten varierade från 29,54 % till 35,06 % i de olika provpunkterna (Figur 10).



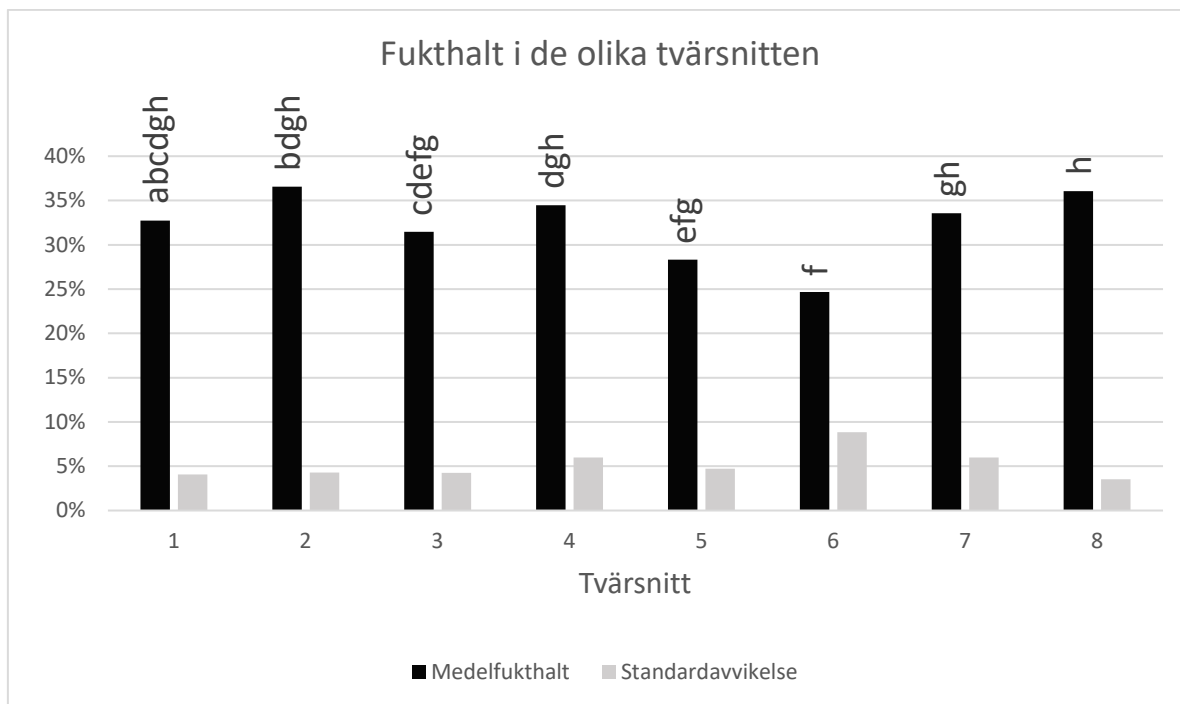
Figur 10. Medelfukthalten (%) och standardavvikelsen inom parantes för alla provpunkter. Antalet prov för de 9 provpunkterna inne i vältan var 8 st och antalet prov för de 3 provpunkterna i ytskiktet av vältan var 6 st.

Figure 10. The average moisture content (%) and standard deviation in bracket for all sample points. The number of samples of the 9 sample points inside the pile was 8 and the number of samples for the 3 sample points on the surface layer of the pile was 6.

Det var ingen signifikant skillnad i fukthalt mellan angränsande provpunkter för varje tvärsnitt.

Fukthalt i längdled

Tvärsnitt 6 var det tvärsnitt som skiljde sig mest jämfört med de övriga tvärsnitten, både med medelvärde och standardavvikelse (Figur 11).



Figur 11. Jämförelse i fukthalt mellan de olika tvärsnitten i vältan. Lika bokstäver innebär att det inte var någon signifikant skillnad mellan tvärsnitten med en signifikansnivå på 5 %.

Figure 11. Comparison of moisture content between the different cut sections of the pile. Equal letters means that there was no significant difference between the cut sections with a significance level of 5 %.

Fukthalt i höjdlad

Resultatet från envägs ANOVA-testet visar på att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan de tre olika höjdsiktet (Figur 3) N, M och S (Tabell 2).

Tabell 2. Jämförelse i fukthalt mellan de olika höjdsiktet i vältan. N avser det översta skiktet, M avser det mittersta skiktet och S avser det lägsta skiktet

Table 2. Comparison of moisture content between the different horizontal layers of the pile. N means the uppermost layer, M means the middle layer and S means the lowest layer

	Fukthalt (%)		
	Medelvärde (n=24)	Standardavvikelse	P-värde
Höjdsikt N	32,35	6,25	0,966
Höjdsikt M	31,94	6,15	
Höjdsikt S	32,38	7,06	

Fukthalt i genomskärning

Resultatet från envägs ANOVA-testet visar på att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan de tre olika genomskärande skikten (Figur 3) V, M och O (Tabell 3).

Tabell 3. Jämförelse i fukthalt mellan de olika genomskärande skikten. V avser det västra skiktet, M avser det mittersta skiktet och O avser det östra skiktet

Table 3. Comparison of moisture content between the various vertical/intersecting layers. V means the west layer, M means the middle layer and O means the eastern layer

	Fukthalt (%)		
	Medelvärde (n=24)	Standardavvikelse	P-värde
Genomskärande skikt V	31,14	6,82	0,543
Genomskärande skikt M	32,32	5,82	
Genomskärande skikt O	33,20	6,66	

Jämförelse mellan olika skikt

I jämförelsen mellan de olika skikten var medelfukthalten lägst inne i vältan och som högst 1 meter in i vältan från kortsidorna (Tabell 4). Standardavvikelsen var lägst i ytskiktet jämfört med de andra skikten. Fukthalten inne i vältan skiljde sig signifikant mot fukthalten 1 meter in från kortsidan samt fukthalten i ytskiktet. Det var ingen signifikant skillnad mellan fukthalten inne vältan och fukthalten 1 meter in från långsidan samt fukthalten i ytskiktet på långsidan.

Tabell 4. Fukthalt i olika skikt av vältan, samt jämförelse mellan fukthalten inne i vältan och de fyra övriga skikten

Table 4. Moisture content in different layers of the pile, and a comparison between the moisture content inside the pile and the other four layers

	Fukthalt (%)		
	Medelvärde	Standardavvikelse	P-värde
Inne i vältan (n=36)	29,73	6,99	0,006
1 meter in kortsida (n=18)	35,04	5,29	
1 meter in långsida (n=8)	28,99	8,54	0,796
Ytskiktet långsida (n=8)	31,08	4,76	0,607
Ytskiktet (n=36)	33,85	4,34	0,004

Det var ingen signifikant skillnad i fukthalt mellan proverna som togs i ytskiktet och 1 meter in i vältan från kortsidorna (Tabell 5).

Tabell 5. Jämförelse i fukthalt mellan proverna som togs i ytskiktet och alla prover som togs 1 meter in i vältan från kortsidorna

Table 5. Comparison of moisture content between the samples taken at the surface layer and all samples were taken 1 meter into the pile from the end sides

	Fukthalt (%)		
	Medelvärde	Standardavvikelse	P-värde
Ytskiktet (n=36)	33,85	4,34	0,378
1 meter in kortsida (n=18)	35,04	5,29	

Noggrannhet på spånprov

För alla 90 spånprover blev medelfukthalten 32,4 % med standardavvikelsen 6,1 %-enheter och för alla 90 boxprover blev medelfukthalten 31,0 % med standardavvikelsen 6,4 %-enheter. Skillnaden i fukthalt mellan spånproverna och boxproverna var signifikant med en differens på 1,4 %-enheter i medeltal och en standardavvikelse på 3,5 %-enheter på differensen. Spånproverna överskattade alltså i medel fukthalten med 1,4 %-enheter jämfört med boxproverna som var referensmetoden. När det räknades på fraktionsstorleken och fukthalt gick det att få fram att fukthalten hos spånproverna överskattades mer när det var klena fraktioner än när det var grova fraktioner. Spånproven var 1,8 %-enheter fuktigare än boxproverna när det var klena fraktioner och spånproven var 1,0 %-enheter fuktigare än boxproverna när det var grova fraktioner.

Effektivitet provtagning

Medeltidsåtgången för ett spånprov i ytskiktet var 180 sekunder med en standardavvikelse på 22 sekunder. När provpunkten befann sig 1 meter in i vältan var medeltidsåtgången 372 sekunder med en standardavvikelse på 66 sekunder. Det tog alltså drygt dubbelt så lång tid när man sågade sig in 1 meter i vältan jämfört med när provpunkten befann sig på ytskiktet. Tidsåtgången per provpunkt i ytskiktet blir därmed 3 min, eller omräknat till produktivitet 20 provpunkter per effektiv arbetstimme (exklusive avbrottstid mm).

Precisionskrav

Virkesmätningenslagens precisionskrav (Tabell 1) med avseende på fukthalt är högst 9,0 % för en vältastor som denna. Den sanna fukthalten (viktad fukthalt) för denna vältastor var 30,8 %, fukthalten får alltså variera mellan 28,0 – 33,6 %. För 8 spånprover tagna i skiktet 1 meter in från långsidan blev medelfukthalten 29,0 %, vilket är inom virkesmätningenslagens precisionskrav. Dessa 8 spånprover togs med 10 meters mellanrum i längdled. Skulle det däremot ha tagits 4 prover med 20 meters mellanrum i längdled hade medelfukthalten blivit 28,0 % respektive 30,0 % beroende från vilket håll provtagningen börjat. Virkesmätningenslagens krav uppfylls dock i båda fallen. Om provtagningen hade skett på bara en av sidorna med 10 meters mellanrum i längdled mellan proverna hade medelfukthalten för den västra sidan blivit 31,4 % och 26,6 % för den östra sidan. I det västra fallet uppfylls inte virkesmätningenslagens krav.

För de 8 spånproverna som togs i ytskiktet på långsidorna blev medelfukthalten 31,1 %, vilket även det är inom virkesmätningenslagens precisionskrav. Skulle det även där ha tagits 4 prover med 20 meters mellanrum i längdled hade medelfukthalten blivit 31,4 % respektive 30,8 % beroende från vilket håll provtagningen börjat. Om provtagningen hade skett på bara en av sidorna med 10 meters mellanrum i längdled mellan proverna hade medelfukthalten för den västra sidan blivit 31,5 % och 30,7 % för den östra sidan. För alla dessa fall uppfylls virkesmätningenslagens precisionskrav.

Diskussion

Medelfukthalten i en lång vält påverkas relativt lite av effekten från väder och vind från kortsidorna av vältan. I en kort vält påverkas däremot medelfukthalten relativt mycket av effekten från väder och vind från kortsidorna av vältan. Detta på grund av att kortsidorna då representerar en relativt stor andel yta av vältan. Samma sak blir det om en vält är långsmal respektive bred. Däremot påverkas medelfukthalten i en vält mycket av väder och vind från långsidorna samt ovansidan av en vält, oavsett hur lång vältan är. Något som kan minska effekten från väder och vind från ovansidan är om vältan är täckt med papp. Täckpapp har visat sig ha störst betydelse om vältan lagras över perioder med låga temperaturer och hög nederbörd, dvs höst och vinter (Lehtikangas, 1998). I rådande studie lagrades vältan otäckt under en period av höst och vinter, täckpapp hade därför troligtvis haft en stor betydelse på vältans fukthalt.

Resultat

Att fukthalten i de olika tvärsnitten skilde sig signifikant (Figur 11) mellan varandra var oväntat, då tidigare studier visar att fukthalten skiljer sig mest mellan ytskiktet och de centrala delarna av vältan, och inte i längdled (Fillbakk m.fl. 2011). Anledningen till denna skillnad beror troligen på att vältan bestod av olika leveranser. För att kunna göra en undersökning om hur fukthalten varierar i längdled för ett specifikt sortiment behöver hela vältan bestå av en och samma leverans. Att dela in vältan i olika tvärsnitt efter sortiment hade också kunnat vara ett alternativ. Problemet i denna studie var att de olika tvärsnitten bestod av samma typ av sortiment men att de troligtvis inte avverkats vid exakt samma tidpunkt.

Det var ingen signifikant skillnad mellan alla de angränsande provpunkterna (Figur 10). Det var troligtvis på grund av att provpunkternas var belägna nära varandra (ca 2 m) men provpunkterna var dock tillräckligt långt ifrån varandra för att vara oberoende av varandra. Fillbakk m.fl. (2011) kom fram till att täckta vältor av grot är heterogena när det gäller fukthalten. Lehtikangas och Jirjis (1995) studie visade dock, precis som i rådande studie, att det inte var någon signifikant skillnad i fukthalt mellan de olika höjdsnitten (Tabell 2). Vältorna i Lehtikangas och Jirjis (1995) studie var däremot täckta av papp som ger större homogenitet i fukthalt, vilket vältan i rådande studie saknade. Om vältan i rådande studie hade varit täckt av papp hade ännu mindre skillnader mellan de olika höjdsnitten kunnat förväntas. Att provpunkten allra högst upp på vältan (Figur 10) i medelfukthalt var högst beror troligtvis på att det är den mest utsatta provpunkten för nederbörd. Hafmar och Eliasson (2010) fick fram att det var stor skillnad i fukthalt mellan de två långsidorna på vältorna, vilket inte påvisades i rådande studie. Dock var skillnaden ca 2 %-enheter mellan det västra- och östra genomskärningsskiktet, där det östra genomskärningsskiktet var fuktigast (Tabell 3). Att det inte var någon signifikant skillnad i fukthalt kan till stor del bero på att vältans placering var i syd-nord riktning, vilket har lett till att båda sidorna blivit exponerade av lika mycket sol. Den lilla skillnaden i medelfukthalt mellan genomskärningsskikten kan eventuellt förklaras av att den härskande vindriktningen är sydvästlig för den studerade orten (SMHI, 2015). Många studier säger olika angående fukthalten lodrätt och vågrätt i vältor med primära skogsbränslen. Något som däremot många studier har gemensamt är att fukthalten ofta skiljer sig i olika skikt, som t.ex ytskiktet och centrum av vältan. I den här studien var det skikten ”1 meter in från

långsidan” och ”ytskiktet långsidan” som inte skiljde sig signifikant med fukthalten ”inne i vältan”. Provpunkterna i dessa skikt lämpar sig därför bäst för att få ut den sanna fukthalten i den här vältan. I denna studie var fukthalten i ”ytskiktet långsida” mer lik den viktade fukthalten i vältan än vad fukthalten ”inne i vältan” var. Vilket säger emot alla tidigare studier som säger att fukthalten i ytskiktet inte överensstämmer med fukthalten i resten av vältan.

Tidsåtgången för provpunkter en meter in i vältan varierade mycket, mest beroende på hur jämnt travad vältan var. I och med att vältans bredd mättes från det material som stack ut längst ut var det mycket luft in till provpunkten om vissa pinnar stack ut extra mycket och det gick därmed väldigt snabbt. Var vältan jämnt travad tog det mycket längre tid att såga in till provpunkten. Mycket grovt material tog längre tid än när det var klenare material. Tiden det tog att tanka såg, slipa kedja, gå mellan provpunkterna, dela vältan med grävmaskin och så vidare inkluderades inte på grund av att tidsåtgången för dessa parametrar troligen varierar en hel del mellan olika personer. Det ansågs mer relevant att få se hur lång tid själva provtagningen tog då det inte finns några studier på det. Dock kan även tidsåtgången för provtagningen variera en hel del mellan olika förare.

Att fukthaltens standardavvikelse för alla spånprover i den här studien endast var 6,4 %-enheter trots att vältan inte var täckt medans Jiris m.fl. (1989) fick fram en standardavvikelse på 11,0 %-enheter för en otäckt vältan berodde troligen på väderförhållandet. I studien Jiris m.fl. (1989) skiljde sig vädret markant från det normala under lagringstiden. Juli 1988 var århundradets blötaste månad på orten, ett antal stormar härjade under vintern samt att vårvintern hade onormalt mildt väder. I denna studie var det en ovanligt torr period för årstiden innan provtagningen. För september var nederbörden på den studerade orten 50 % av det normala för årstiden. Men för oktober var nederbörden endast 25 % av det normala för årstiden (SMHI, 2016). Det var med andra ord väldigt torrt för att vara slutet på oktober. Enligt Thörnqvist (1984) varierar fukthalten i vältor mycket under året och den varierar mest i ytskiktet. Det normala bör ha varit att ytskiktet börjat återfuktas en del efter sommaren men så var inte fallet. Det var dessutom ingen nederbörd mellan provtagningarna.

Skillnaden i fukthalt mellan alla spånprov och boxprover var signifikant men i medeltal var skillnaden inte speciellt stor. Att det endast skiljde 1,4 %-enheter i medeltal är positivt men en fundering som uppkom var varför spånproverna i medeltal överskattade fukthalten och som mest när det var klena fraktioner. I både Nylinders och Fryks (2014) studie med delkvistad energived och Larssons (2011) studie med bränsleved underskattades fukthalten med spånproven. En teori kan vara att när det går mot grövre fraktioner, när det är större andel stamved, blir det mer att spånproverna underskattar fukthalten. Det som säger emot detta är Nylinders och Fryks (2012a) studie med rundved, där var spånproverna och trissorna väldigt lika i fukthalt. En annan teori kan vara att de grövre oftast fuktigare fraktionerna har lättare för att samlas upp i spånuppsamlaren jämfört med de klenare och oftast torrare fraktionerna som kanske har en tendens att hamna utanför. Detta är svårt att ta reda på, mycket på grund av att stora delar av proverna bestod av barr och det är omöjligt att skilja på barr som lossnat av kedjesågen och barr som lossnat av rörelser och vibrationerna från motorsågen. Att spånproven överskattade fukthalten med 1,4 %-enheter innebär att det fortfarande är inom virkesmätningens lagens precisionskrav.

Fukthaltsbestämningen av proverna tog ca ett dygn i ett torkskåp. Ett alternativ till torkskåpet skulle kunna vara Metsos ”Metso MR Moisture Analyzer”. Det är en maskin som mäter fukthalten i ett material genom magnetisk resonans. Studier har visat på att det är en tillförlitlig metod och en fukthaltsmätning på ett spånprov tar endast 120 sekunder (Fridh m.fl. 2014). Att använda denna metod skulle kunna leda till att det relativt snabbt går att få ut fukthalten av primära skogsbränslen i vältor på en och samma dag. Förutom nästan alla stora skogsföretag i Sverige är det även många andra länder i världen som tar ut primära skogsbränslen ur skogen, bland annat Finland (Björheden, 2015). Det finns med andra ord en stor efterfrågan på en bra metod för fukthaltsbestämning av primära skogsbränslen i vältor.

Styrkor och svagheter med studien

Något som var bra med den här studien var att det togs referensprover i form av boxprov på varje provpunkt, det gav ett bra mått på trovärdigheten för spånprovets fukthalt. Det hade varit ännu bättre att ha haft ytterligare en referens i form av att ha flisat ner hela vältan direkt efter provtagningarna för att sedan ta fukthaltsprover på flisen. Detta för att få en bra jämförelse med den metod som används mest idag. För det fanns det inte nog med tid och resurser men det hade gett en bra jämförelse i resultatet då det är flismetoden som idag är den traditionella. En vältta är ett alldeles för litet underlag för att kunna dra några stora slutsatser. I arbetet användes det två olika vågar, med en noggrannhet på 0,1 gram respektive 0,2 gram. Att det inte gick att få högre noggrannhet än 0,2 gram har en försumbar betydelse för resultatet. I och med att fukthalten varierade relativt mycket i vältan hade det större betydelse var provpunkten togs och inte hur exakt fukthalten var på decimalen. Påsarna som användes i studien höll bra, det var ingen påse som gick sönder. Om det däremot regnar när provtagningen äger rum kan påsarna troligtvis vara känsligare, eftersom att väta löser upp papper, samt att papper absorberar vatten.

Praktisk tillämpning

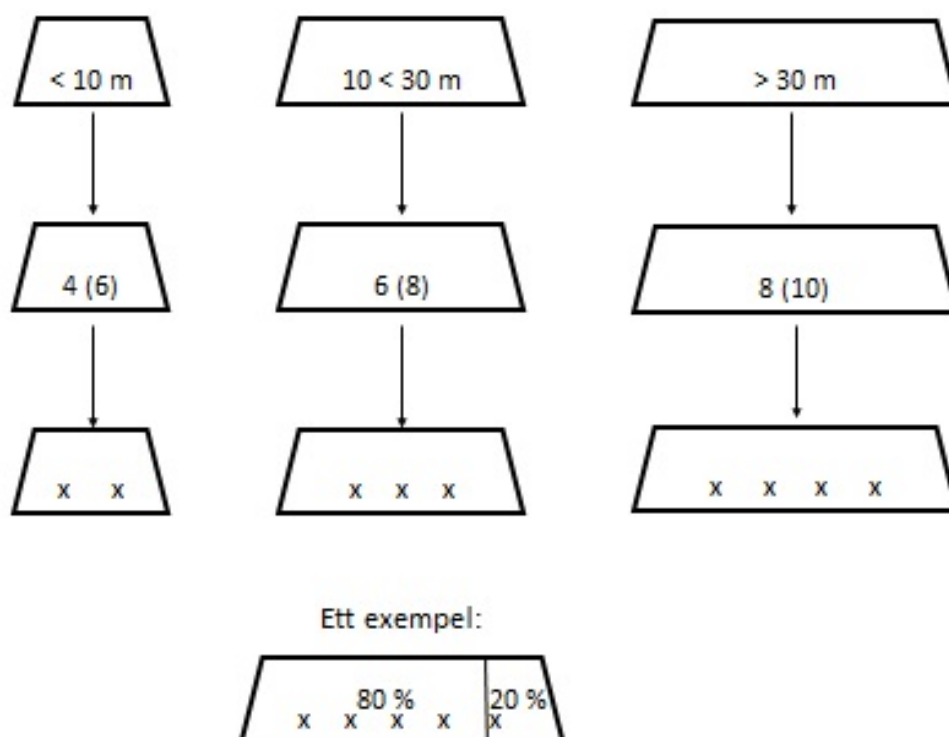
I Figur 12 finns ett förslag på en metod för att provta material för att mäta fukthalten i osönderdelade skogsbränslen i vältor med hjälp av en motorsåg med spånuppsamlare. Baserat på denna studie samt tidigare studier kan metoden uppfylla virkesmätningslagens krav.

Metoden är uppdelad i olika steg (Figur 12):

- Först mäts längden på vältan, utifrån längden definieras vältan utifrån 3 olika längdindelningar.
- Sedan bedömer man godtyckligt om vältan är homogen eller heterogen i längdled. Baserat på hur homogen vältan är går det att utläsa hur många spånprov som bör tas i vältan. Siffran utan parantes är antalet prover om vältan är homogen och siffran inom parantes är antalet prover om vältan är heterogen.
- Med ökad längd på vältan ska provpunkterna placeras närmare mitten av vältan för att inte påverkas lika mycket av kortsidorna.
- Skulle vältan vara heterogen är det viktigt att representativa prover tas ut och ett exempel på det finns längst ner i figuren. Där består 80 % av vältan av samma material och de resterande 20 % skiljer sig.

- Spånproverna ska tas ut 1 meter in från långsidorna och mitt i det lägsta höjdsiktet. Hur det ska gå till finns tidigare beskrivet i denna studie.

Den här studien och även tidigare studier visar på att skogsbränsle i en vält oftast är homogen i höjddled men kan ofta vara heterogent i längdled. Därför lämpar sig denna metod. Skulle vältan däremot vara heterogen i höjddled lämpas inte denna metodik. Då behövs det ses över hur det på ett säkert och tidseffektivt sätt skulle kunna gå att ta prover högre upp i vältan för att ta ut representativa prover, exempelvis med en skylift. Resultatet från rådande studie stödjer att provpunkterna ska tas i ytskiktet. I denna metod valdes dock att provpunkterna ska tas 1 meter in i vältan istället med stöd av tidigare studier och logiskt tänkande.



Figur 12. Ett förslag på en metod för att få ut fukthalten i osönderdelade skogsbränslen i vältor med hjälp av en motorsåg med spånuppsamlare. Utifrån vältans längd ska det tas ett antal prover, antalet inom parantes gäller om vältan är heterogen. Kryssen är provernas placering i vältan och placeringen av dessa väljs ut godtyckligt med avseende på hur mycket de ska påverkas av kortsidans effekter av väder och vind. Längst ner i figuren finns ett exempel om materialet är heterogent horisontellt där materialet delas in i två grupper.

Figure 12. A suggestion of a method for determination of moisture content of loose forest fuels in piles using a chain saw with collector. Based on the length of the pile a number of samples should be taken, the number in brackets applies if the pile is heterogeneous. The crosses are the position of the samples in the pile and the location of these are selected arbitrarily with respect to how much they will be affected by the effects of the weather on the end sides. At the bottom of the figure show an example if the material is heterogeneous horizontally where the material is divided into two groups.

Behov av fortsatt forskning i området

Det skulle vara intressant att göra fler upprepningar av denna studie under olika årstider för att ta reda på hur årstid och nederbörd påverkar denna metod. Ett exempel skulle kunna vara att vid ett stort nyavverkat bestånd, göra fyra lika stora vältor (minst 100 m³s vardera) av groten som blir. Vältorna ska förslagsvis vara täckta av papp och vara grönrisskotade. Utgångsfukthalten skulle provtas på samtliga vältor direkt i samband med vältläggningen. Därefter skulle en vältta provtas 1 år efter vältläggning, en vältta efter 1,25 år, en vältta efter 1,5 år och den sista vältan efter 1,75 år. Resultatet ska analyseras och i analysen det ska tas hänsyn till nederbörden som varit från och med vältläggningen.

Slutsatser

Denna studie visar att medelfukthalten för alla 90 spånprover blev 32,4 % med standardavvikelsen 6,1 %-enheter. Den viktade fukthalten för hela vältan var 30,8 %. Mellan höjdsiktet var det ingen signifikant skillnad i fukthalt, vilket även tidigare studier visat. Det var heller ingen signifikant skillnad mellan genomskärningssnitten. Detta kan bero på den torra perioden innan provtagningen. En avvikelse är att fukthalten skiljde sig signifikant i längdled mellan en del tvärsnitt och det kan bero på att vältan bestod av olika leveranser.

Fukthalten i det lägsta höjdsiktet 1 meter in i vältan från långsidan och i ytskiktet på långsidan skiljde sig inte signifikant med fukthalten inne i vältan. I just den här vältan lämpar sig därför provpunkterna i ytskiktet på långsidan i tvärsnitt 3-6 (Figur 2) bäst för att få ut den sanna fukthalten. Tidigare studier visar dock att prover bör tas längre in i vältan för att vara representativa. Därför lämpar sig provpunkterna 1 meter in i vältan från långsidorna i det lägsta höjdsiktet i tvärsnitt 3-6 (Figur 2) bäst för metoden att få ut den sanna fukthalten. Det behövs fler studier för att ta reda på hur generellt dessa resultat är.

Studien indikerar att spånproverna i medel överskattar fukthalten med 1,4 %. Provtagning som genererar relativt små fraktioner kan överskatta fukthalten mer än vad grövre fraktioner gör. Detta behöver dock undersökas vidare.

Medeltidsåtgången för ett spånprov i ytskiktet var 3 minuter med en standardavvikelse på 0,36 minuter. När provpunkten befann sig 1 meter in i vältan var medeltidsåtgången 6,2 minuter med en standardavvikelse på 1,1 minuter. Det tog alltså drygt dubbelt så lång tid när man sågade sig in 1 meter i vältan jämfört med när provpunkten befann sig på ytskiktet. Om tio prover ska tas i en vältta tar alltså själva provtagningen 62 minuter och man får räkna med extra tid som t.ex tankning av såg, slipning av kedja och att ta sig mellan de olika provpunkterna i vältan.

Denna studie presenterar ett förslag på hur provtagning kan genomföras på vältor av grot av olika längder och karaktärer där även säkerhetsföreskrifter och praktiska parametrar vägts in. En begränsning med metoden är om materialet tycks skilja sig i vertikalt led. För sådant material behöver metoden utvecklas.

Referenser

- Bioenergiportalen (2014). *Omräkningstal skogsbränsle*. JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Tillgänglig: <http://www.bioenergiportalen.se/?p=6851> [2017-02-06]
- Björheden, R. (2014). *Skogsbränslet måste täckas bättre*. Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2014/Skogsbranslet-maste-tackas-battare/> [2017-01-08]
- Björheden, R. (2015). *Skogsbränsleutnyttjande i Finland och Sverige – lika men ändå olika*. Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2015/skogsbransleutnyttjande-i-finland-och-sverige--lika-men-anda-olika/> [2017-01-13]
- Björklund, L. (1988). *Vägning av massaved med torrhaltsbestämning*. Rapport, SLU, Institutionen för virkeslära, nr 198. Uppsala: Sverige lantbruksuniversitet.
- Björklund, L. (1989). *Vägning av massaved i norra Sverige- praktiska aspekter*. Rapport, SLU, Institutionen för virkeslära, nr 210. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Egnell, G. (2009). *Skogsbränsle*. Skogsskötselserien – Nr 17. Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/17-Skogsbransle.pdf> [2016-09-27]
- Erlandsson, J. (2008). *Fukthalt i grot – påverkande faktorer*. SLU, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, 2008:20. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: http://ex-epsilon.slu.se/2622/1/Exarb_Erlandsson_080530.pdf [2016-09-20]
- Eurostat Press Office (2015). *Renewable energy in the EU. Share of renewables in energy consumption up to 15% in the EU in 2013. Three Member States already achieved their 2020 targets*. 43/2015. Tillgänglig: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/6734513/8-10032015-AP-EN.pdf/3a8c018d-3d9f-4f1d-95ad-832ed3a20a6b> [2017-01-05]
- Filbakk, T., Høibøa, O. A., Dibdiakova, J. och Nurmi, J. (2011) *Modelling moisture content and dry matter loss during storage of logging residues for energy*. Scandinavian Journal of Forest Research. 26(3):267-277.
- Fridh, L., Volpé S. och Eliasson, L. (2014). *An accurate and fast method for moisture content determination*. International journal of forest engineering. 25(3):222-228.
- Hafmar, J. och Eliasson, R. (2010). *Fukthaltsförändringar för skogsbränsle - En jämförelse av torkförloppet i grönrisskotade och brunrisskotade vältor*. Examensarbete, Avd. för skog och träteknik, nr: TEK 079/210. Växjö: Linnéuniversitetet.
- Hägg, K. (2008). *Mätning av träddeklar och flis på Dåvamyran, Umeå energi*. Arbetsrapport, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, 223 2008. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.

Jirjis, R., Gärdenäs, S. och Hedman, G. (1989). *Lagring i täckta vältor – Avverkningsrester från barrträd*. Uppsats, SLU, Institutionen för virkeslära, nr 167. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

Larsson, F. (2011). *Mätning av bränsleved - Fastvolym, torrhalt eller vägning?* Rapport, SLU, Institutionen för skogens produkter, nr 18. Uppsala:

Lehtikangas, P. (1991). *Avverkningsrester i hyggeshögar - Avbarrning och bränslekvalitet*. Rapport Nr. 223. Institutionen för virkeslära, SLU, Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

Lehtikangas, P. och Jirjis, R. (1995). *Hyggesrester i täckta vältor – Nederbördens inverkan på bränslekvaliteten*. Uppsats, SLU, Institutionen för virkeslära, 173. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

Lehtikangas, P. (1998). *Lagringshandbok för trädbränslen*. 2. uppl. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

Nilsson, D., Nylinder, M., Fryk, H. och Nilsson, J. (2012). *Mätning av grottflis*. Rapport, SLU, Institutionen för skogens produkter, nr 21. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:592748/FULLTEXT01.pdf> [2016-09-20]

Nylinder, M. och Fryk, H. (2012a). *Torrhaltsbestämning av spånprov uttagna med motorsåg*. Rapport, SLU, Institutionen för skogens produkter, nr 10. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: <http://pub.epsilon.slu.se/9097/1/RR10.pdf> [2016-09-20]

Nylinder, M. och Fryk, H. (2012b). *Mätning av bränsleved vid ENA Energi AB i Enköping*. Rapport, SLU, Institutionen för skogens produkter, nr 9. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: http://pub.epsilon.slu.se/13190/11/nylinder_m_fryk_h_160524.pdf [2016-09-20]

Nylinder, M. och Fryk, H. (2014). *Mätning av delkvistad energived*. Rapport, SLU, Institutionen för skogens produkter, nr 23. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: http://pub.epsilon.slu.se/11119/7/nylinder_m_et al_140409.pdf [2016-09-27]

Papierholz Austria (2009). *Holzübernahmerichtlinien*. Revision, Papierholz Austria, nr 7. Frantschach: Papierholz Austria. Tillgänglig: http://www.papierholz-austria.at/_images/wir-kaufen/Holzuebernahme-Richtlinien-Rev_7--Nov_09.pdf [2016-09-27]

Regeringskansliet (2014). *Mål för förnybar energi*. Tillgänglig: <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/energi/fornybar-energi/mal-for-fornybar-energi/> [2016-09-27]

Ringman, M. (1996). *Trädbränslesortiment – Definitioner och egenskaper*. Rapport, SLU, Institutionen för skogens produkter, nr 250. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

SDC (2014). *Bestämning av torrhalt och värmevärde på skogsråvara*. Tillgänglig:
<http://docplayer.se/21042300-Bestamning-av-torrhalt-och-varmevarde-pa-skogsravara.html> [2016-09-27]

SDC (2016). *Bestämning av torrhalt och energiinnehåll på skogsråvara*. SDC. Sundsvall:
SDC. Tillgänglig:
<http://www.sdc.se/admin/Filer/Nya%20m%C3%A4tningsinstruktioner%20augusti%202016/Nationell%20instruktion%20f%C3%B6r%20best%C3%A4mning%20av%20torrhalt%20och%20energiinne%C3%A5ll%202016-08-01.pdf> [2016-09-27]

Skogsstyrelsen (2014). *Skogsstyrelsens författningssamling – Skogsstyrelsens föreskrifter om virkesmätning*. SKSFS 2014:11. Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig:
http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/f%C3%B6rfattningar/SKSFS%202014_11.pdf [2017-01-28]

SMHI (2015). *Vind i Sverige*. Tillgänglig:
<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/vind-i-sverige-1.31309>
[2017-02-16]

SMHI (2016). *Månads-, årstids- och årskartor*. Tillgänglig:
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/kartor/monYrTable.php?myn=9&par=nbDAvv>
[2016-12-16]

Statistiska centralbyrån (2016). *Produktion av oförädlade trädbränslen 2015*. ES 2016:05. Eskilstuna: Energimyndigheten.

Thörnqvist T. (1984). *Hyggesrester som råvara för energiproduktion – Torkning, lagring, hantering och kvalitet*. Rapport, SLU, Institutionen för virkeslära, nr 152. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

Bilaga 1: Foton på de olika tvärsnitten



Figure A. Tvärsnitt 1.
Figure A. Cut 1.



Figure B. Tvärsnitt 2.
Figure B. Cut 2.



Figur C. Tvärsnitt 3.
Figure C. Cut 3.



Figur D. Tvärsnitt 4.
Figure D. Cut 4.



Figur E. Tvärsnitt 5.
Figure E. Cut 5.



Figur F. Tvärsnitt 6.
Figure F. Cut 6.



Figur G. Tvärsnitt 7.
Figure G. Cut 7.



Figur H. Tvärsnitt 8.
Figure H. Cut 8.

Bilaga 2: Värden på fukthalt (%) för respektive spånprov och boxprov i alla provpunkter och tvärsnitt

Spånprov								
	Tvärsnitt							
Provpunkt	1	2	3	4	5	6	7	8
MM	26,74%	35,89%	34,94%	36,16%	27,80%	19,71%	36,54%	36,56%
MV	31,86%	32,80%	29,84%	31,60%	27,29%	20,38%	38,20%	29,65%
MO	29,31%	33,44%	32,95%	39,57%	33,33%	20,14%	43,76%	38,03%
NO	40,75%	33,97%	33,52%	43,77%	36,89%	23,54%	30,96%	33,50%
NM	36,10%	37,67%	30,33%	38,41%	31,17%	20,12%	34,31%	35,04%
NV	31,13%	30,84%	23,29%	31,55%	26,40%	20,12%	31,93%	41,10%
SV	33,17%	43,82%	27,02%	31,22%	21,92%	45,50%	26,57%	40,23%
SM	31,03%	41,25%	34,68%	34,73%	23,57%	32,54%	24,05%	36,35%
SO	34,45%	39,22%	36,60%	23,21%	26,51%	19,93%	35,58%	33,93%
V		34,51%	27,23%	32,03%	39,13%	27,45%	34,10%	
U		41,05%	33,02%	41,28%	35,38%	29,09%	30,54%	
O		35,73%	32,04%	36,67%	27,13%	26,96%	36,16%	
Boxprov								
	Tvärsnitt							
Provpunkt	1	2	3	4	5	6	7	8
MM	27,60%	35,79%	38,36%	35,44%	27,15%	21,46%	40,54%	30,59%
MV	28,67%	34,73%	32,53%	33,41%	25,11%	20,07%	43,63%	26,40%
MO	29,92%	34,08%	32,00%	44,66%	27,31%	19,73%	42,45%	33,27%
NO	38,31%	33,63%	33,82%	31,05%	36,60%	20,75%	30,23%	28,51%
NM	36,80%	41,36%	28,71%	34,14%	26,71%	18,65%	37,15%	32,43%
NV	29,27%	29,19%	24,93%	27,24%	23,23%	19,33%	29,38%	39,69%
SV	37,46%	49,62%	29,78%	32,17%	20,64%	33,72%	25,63%	33,96%
SM	25,97%	43,95%	33,60%	28,79%	22,64%	27,33%	22,98%	34,90%
SO	40,21%	36,93%	36,68%	20,64%	23,35%	18,87%	28,36%	33,29%
V		32,39%	26,76%	31,73%	29,40%	25,71%	34,67%	
U		37,11%	28,96%	34,54%	26,82%	30,12%	30,34%	
O		32,62%	33,58%	33,24%	26,23%	26,92%	33,85%	